

Abstract - DE19637843

The method involves forming a correlation constant k_x for a undisturbed reference pulse (P_x) of a radar response telegram. The telegram responses to a radar request pulse and includes an identification assigned to an aeroplane. A correlation criterion K_n is formed to all further pulses (P_n) of the response telegram, whereby n is the number of the pulse within the response telegram and $1 \leq n \leq m$ where m is the greatest number. Each correlation criterion is checked if the equation $K_n=0$ is satisfied. If the equation is satisfied the further pulse (P_n) belongs to a response telegram marked by a reference pulse. If the equation is not satisfied the further pulse belongs to a response telegram which is not marked by a reference-pulse.



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 37 843 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 S 13/78
G 08 G 5/00
B 64 F 1/36

②1 Aktenzeichen: 196 37 843.5
②2 Anmeldetag: 17. 9. 96
④3 Offenlegungstag: 19. 3. 98

DE 196 37 843 A 1

⑦1 Anmelder:
Daimler-Benz Aerospace Aktiengesellschaft, 81663
München, DE

⑦2 Erfinder:
Liem, Tiang-Gwan, Dipl.-Ing., 89081 Ulm, DE

⑤4 Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

⑤7 Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren - und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens - zur Ermittlung mindestens eines Antworttelegramms aus einem verschachtelten ("garbled") (Gesamt-)Antworttelegramm, das auf einen (Radar-)Abfrageimpuls aus mehreren Transponder-Antworten entstanden ist. Dabei wird das (Gesamt-)Antworttelegramm mittels eines Monopols-Radarempfängers sowie eines Vektorprozessors (vektorielle Signalverarbeitung) ausgewertet. Es werden lediglich ein Summensignal sowie zwei Phasensignale benötigt.

DE 196 37 843 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 802 012/308

11/24

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und einer Anordnung zur Durchführung des Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

Die Erfindung ist insbesondere anwendbar zur Identifizierung von Flugzeugen mittels eines Sekundär-Radars (SSR, "Secondary Surveillance Radar") sowie zur Überwachung des Flugweges. Dabei wird beispielsweise von einer im allgemeinen ortsfesten (Monopuls-)Radaranlage mindestens ein (Radar-)Abfrageimpuls, in Form eines Summensignals, ausgesandt. Auf diesen wird von einem (Radar-)Transponder des Flugzeuges ein (Radar-)Antworttelegramm, das zumindest eine das Flugzeug kennzeichnende Kennung enthält, ausgesandt.

Das Antworttelegramm wird von der Radaranlage mittels der Monopulsantenne empfangen und ausgewertet. Dabei entstehen ein Summen- und ein Differenzsignal. Aus diesen können beispielsweise die Polarkoordinaten (Richtung, Entfernung) des Flugzeuges ermittelt werden. Aus dem Summen- und dem Differenzsignal kann außerdem ein im Videobereich vorliegendes Antworttelegramm ermittelt werden. Ein solches Antworttelegramm enthält sogenannte (Anfangs- und End-)Rahmenpulse, zwischen denen ein Datentelegramm, in digitalisierter Form, angeordnet ist. Dieses enthält zumindest eine digitale Kennung, welche dem Verkehrsteilnehmer (Flugzeug) zugeordnet ist. Wird zumindest die Kennung in einer an die Radaranlage angeschlossenen Auswertereinheit (Prozessor) ermittelt, so sind beispielsweise Flugweg und Kennung in symbolisierter Form auf einem (Radar-Daten-)Sichtschirm (Monitor) darstellbar. Das beschriebene Verfahren ist bekannt, beispielsweise aus Stevens, Michael C., Secondary Surveillance Radar, Artech House, Boston and London Internationale Standardbuchnummer ISBN 0-89006-292-7, Seiten 119 bis 163.

Es ist ersichtlich, daß in der Auswertereinheit (Prozessor) eine zuverlässige Auswertung des im Videobereich vorliegenden Antworttelegramms nur dann erfolgen kann, wenn ein ungestörtes Antworttelegramm vorliegt. Derartige Störungen können beispielsweise auftreten, wenn auf einen Abfrageimpuls mehrere Antworttelegramme von verschiedenen Verkehrsteilnehmern (insbesondere mit unterschiedlicher Kennung) empfangen und demoduliert werden. Dabei kann ein (Gesamt-)Antworttelegramm entstehen, das aus mehreren ineinandergeschachtelten (Einzel-)Antworttelegrammen besteht. Ein solcher Vorgang wird in der englischsprachigen Literatur auch "garbling" (Verschachtelung) genannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren anzugeben, welches eine zuverlässige Auswertung eines (Gesamt-)Antworttelegramms ermöglicht, das mittels einer Monopuls-Empfangsanordnung erzeugt wird. Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die in den kennzeichnenden Teilen der Patentansprüche 1 und 8 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und oder Weiterbildungen sind den weiteren Ansprüchen entnehmbar.

Ein erster Vorteil der Erfindung besteht darin, daß bei einer sogenannten "garbling"-Situation, das heißt, wenn ein (Gesamt-)Antworttelegramm aus mehreren (Einzel-)Antworttelegrammen zusammengesetzt ist, diese (Einzel-)Antworttelegramme in zuverlässiger wieder derart regeneriert werden können, daß deren zuverlässige Auswertung möglich ist.

Ein zweiter Vorteil besteht darin, daß das Verfahren weitgehend unabhängig ist von der Art der (standardisierten) Antworttelegramme, beispielsweise von dem sogenannten Mode, welcher in der Luftfahrt derzeit für Transponder üblich ist.

Ein dritter Vorteil besteht darin, daß analoge Signale von derzeit üblichen Monopuls-Empfängern verwendet werden können, so daß bereits bestehende Auswerteeinrichtungen in kostengünstiger Weise entsprechend der Erfindung nachrüstbar sind, denn es werden vorzugsweise lediglich ein Summensignal sowie die Phasensignale benötigt. Derartige Signale entstehen bei einer Vielzahl von derzeit üblichen Monopuls-Empfängern.

Ein vierter Vorteil besteht darin, daß zur Durchführung des Verfahrens ein sogenannter Vektorprozessor, der in der Signalverarbeitung an sich bekannt ist, einsetzbar ist, wodurch vorzugsweise eine besonders schnelle Signalverarbeitung möglich wird.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert unter Bezugnahme auf schematisch dargestellte Figuren. Es zeigen

Fig. 1 ein Blockbild zur Erzeugung der benötigten analogen Signale.

Fig. 2 ein schematisches Pulsdiagramm zur Erläuterung der Erfindung.

Fig. 1 zeigt ein Blockbild eines Radarempfängers zum Empfang von Radarsignalen mittels einer Monopuls-Empfangsantenne (ANTENNA). In dem Blockbild sind alle wesentlichen Baugruppen mit englischsprachigen Fachausdrücken bezeichnet, welche aber einem Fachmann geläufig sind. Von der Empfangsantenne (ANTENNA) werden ein Summensignal Σ und ein Differenzsignal Δ erzeugt, welche bei einem Monopulsradar üblich sind, beispielsweise bei der Frequenz 1090 MHz. Diese Signale werden mittels eines lokalen Oszillators LO in einen vorgebbaren Zwischenfrequenzbereich heruntergemischt und letztendlich zwei Phasendetektoren PHD1, PHD2 zugeführt. An deren Ausgängen entstehen in analoger Form die Phasenwinkel γ_1 , γ_2 . Diese werden außerdem einer Addierstufe ADS zugeführt, an deren Ausgang ein analoges Ausgangssignal $f(\Delta/\Sigma)$ entsteht. Weiterhin entsteht an einem logarithmischen Videoverstärker LV im Zwischenfrequenzbereich ein analoges Ausgangs-Summensignal Σ . Da für die vorliegende Erfindung lediglich diese analogen Ausgangssignale benötigt werden, wird aus Gründen der Klarheit von einer weiteren Beschreibung der Fig. 1 abgesehen. Diese Ausgangssignale sind auch mit äquivalenten Anordnungen zum Empfang und zur Auswertung von Monopulssignalen erzeugbar, was einem Fachmann geläufig ist.

Fig. 2 zeigt ein schematisches Pulsdiagramm zur Erläuterung einer sogenannten "garbling"-Situation. Dabei

ist angenommen, daß auf einen (Radar-)Abfrageimpuls die Transponder von drei verschiedenen Verkehrsteilnehmern (Flugzeugen) antworten. Die zeitlichen Lagen der originalen Pulsantworten Σ' , Σ'' , Σ''' sind in den Fig. 2a bis 2c dargestellt, wobei die Zeit t (Abszisse) in Takt-Einheiten dargestellt ist. Die Pulsantworten haben alle dieselbe Pulshöhe und jeweils eine Pulsbreite von einem Takt. Aus Gründen der Klarheit sind lediglich die standardisierten (Rahmen-)Pulse ($F1$ = Anfang eines Antworttelegramms, $F2$ = Ende eines Antworttelegramms) sowie willkürlich ausgewählte standardisierte Pulse $C2$, $C4$ ausgewählt. Tatsächlich vorhandene weitere Pulse, beispielsweise insgesamt 13 Stück, die zwischen den (Rahmen-)Pulsen $F1$, $F2$ liegen und die in Fig. 2a bis 2c durch eine horizontale gestrichelte Linie (—) angedeutet sind, werden zur Erläuterung des Verfahrens nicht benötigt, da in diesen Pulsen lediglich eine codierte Information, beispielsweise eine Kennung vorhanden ist.

Fig. 2d zeigt ein daraus entstehendes (Gesamt-)Summensignal, das dem Summenkanal Σ (SUM CHANNEL) und/oder dem Videoverstärker LV (Fig. 1) entnehmbar ist. In dem (Gesamt-)Summensignal sind eindeutig identifizierbare Pulse $F1'$, $C2''$, $F1'''$ sowie $F2'''$, welche alle dieselbe (Norm-)Pulshöhe besitzen, vorhanden. Dagegen haben die mit F_x und F_y gekennzeichneten Pulse eine davon abweichende Pulshöhe, da diese Pulse durch den eingangs erwähnten "garbling"-Vorgang entstanden sind. Puls F_x ist beispielsweise aus den Pulsen $F2'$ und $F1''$ entstanden, Puls F_y aus den Pulsen $F2''$ und $C4'''$. In dem (Gesamt-)Summensignal sind die Pulse F_x , F_y daher unsicher und nicht einer bestimmten Pulsantwort zuzuordnen.

Fig. 2e zeigt ein dem (Gesamt-)Summensignal entsprechendes (Gesamt-)Differenzsignal, das dem Differenzkanal Σ (DIFFERENCE CHANNEL) (Fig. 1) entnehmbar ist. Auch in diesem (Gesamt-)Differenzsignal sind mit F_x , F_y gekennzeichnete Pulse, deren Pulshöhe nicht der (Norm-)Pulshöhe entspricht, vorhanden.

Mit dem nachfolgend beschriebenen Verfahren ist es nun in überraschender Weise möglich, auch bei einer "garbling"-Situation eine zuverlässige Trennung der zu verschiedenen Verkehrsteilnehmern gehörenden Pulsantworten vorzunehmen.

Das Verfahren beruht auf der Erkenntnis, daß bei einem (Radar-)Monopulsempfänger im Zwischenfrequenzbereich (IF-Bereich) zwischen dem (Gesamt-)Summensignal und dem (Gesamt-)Differenzsignal ein Phasenunterschied entsteht. Dieser ist unter anderem abhängig von der Empfangsrichtung, bezogen auf die (Radar-)Empfangsantenne, in welcher sich der Verkehrsteilnehmer (Transponder) befindet. Insbesondere bei Flugzeugen ist eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß zum Zeitpunkt eines Abfrageimpulses zwei Verkehrsteilnehmern (Flugzeugen) dieselbe Empfangsrichtung zugeordnet werden muß und dieser Zustand über einen vorgebbaren längeren Zeitraum aufrecht erhalten bleibt. Außerdem unterscheiden sich die von verschiedenen Verkehrsteilnehmern (Transpondern) empfangenen Pulsantworten im allgemeinen durch ihre Amplituden. Alle Pulse einer Pulsantwort eines Verkehrsteilnehmers sind also durch einen bestimmten, den Verkehrsteilnehmer charakterisierenden Amplituden- und Phasenwert gekennzeichnet. Jedem Puls kann daher ein Vektor, der durch einen Amplituden- und einen Phasenwert gekennzeichnet ist, zugeordnet werden. Daher wird bei dem Verfahren eine vektorielle Signalverarbeitung durchgeführt, was nachfolgend näher erläutert wird.

Bei dem Verfahren werden zunächst mittels eines nicht dargestellten sogenannten Rahmendecoders, welcher derzeit üblich ist, die sogenannten Rahmenpulspaare ($F1$, $F2$) ermittelt. Dabei ist der Rahmenpulspaarabstand im wesentlichen konstant und beträgt derzeit vorzugsweise 20,3 Mikrosekunden. In dem bisher verwendeten Monopuls-Auswerteverfahren bei MSSR (Monopuls SSR) werden die in einer Antwort, beispielsweise Σ' , detektierten Informationspulse lediglich dadurch validiert (gültig erklärt), daß zu jedem Informationspuls ein zugehöriger Monopulswert ($\arctan \Delta/\Sigma$) ermittelt wird. Anschließend wird dieser mit dem Monopulswert einer der beiden Rahmenpulse $F1$ oder $F2$ verglichen. Haben die überprüften (dreizehn) Informationspulse sowie der Rahmenpuls alle den gleichen Monopulswert, dann werden diese Pulse derselben Antwort, hier Σ' , zugeordnet.

Da bei diesem Beispiel die erste Antwort (Σ') ungestört ist, kann aus dieser ein eindeutig erkennbarer (identifizierbarer) Referenzpuls P_x ausgewählt werden, vorzugsweise ein (Anfangs-)Rahmenpuls, beispielsweise $F1'$ aus der ersten Antwort Σ' (Fig. 2).

Dabei ist mit der anhand der Fig. 1 beschriebenen Anordnung prüfbar, ob ein gestörter Puls vorliegt. Denn in diesem (gestörten) Fall gilt für die Phasenwinkel γ_1 , γ_2 die Bedingung $\gamma_1 \neq \gamma_2$. Ist dagegen $\gamma_1 = \gamma_2$, so liegt ein ungestörter Puls vor, beispielsweise ein ungestörter (Rahmen-)Puls $F1'$. Der Wert $\arctan (\Delta/\Sigma)$ wird auch als Monopulswert bezeichnet. Liegt ein ungestörter Puls ($\gamma_1 = \gamma_2$) vor, so wird γ_1 oder γ_2 als Monopulswert genommen und bedarfsweise der weiteren Auswertung zugrunde gelegt.

Zu dem Referenzpuls P_x wird nun mittels einer vektoriellen Signalverarbeitung (Vektorprozessor), die in der Datenverarbeitung an sich bekannt ist, eine Korrelations-Konstante k'_x ermittelt gemäß der Formel

$$k'_x = \pm \frac{\Sigma_x}{\Delta_x} \quad (1),$$

so daß gilt

$$|\bar{\Sigma}_x - k'_x \bar{\Delta}_x| = 0 \quad (2)$$

wobei

k'_x eine zu dem Referenzpuls (P_x) gehörende Konstante,

$\bar{\Sigma}_x$ ein zu dem Referenzpuls (P_x) gehörender (Summen-)Vektor des Summensignals,

Σ_x ein dem (Summen-)Vektor $\bar{\Delta}_x$ entsprechender Betrag,
 $\bar{\Delta}_x$ ein zu dem Referenzpuls (P_x) gehörender (Differenz-)Vektor des Differenzsignals,
 Δ_x einen dem Vektor $\bar{\Delta}_x$ entsprechender Betrag und
 $\|$ eine Betragsbildung des zwischen den senkrechten Strichen ($\|$) dargestellten Vektors

bedeuten.

Der Wert Σ_x/Δ_x ergibt sich aus der Formel $\Sigma_x/\Delta_x = \cot\gamma_1 = \cot\gamma_2$. Das in der Formel (1) erwähnte Vorzeichen ist abhängig von den Vorzeichen der Werte Σ_x und/oder Δ_x .

Diese Korrelations-Konstante k'_x wird nun bei einer gestörten (Gesamt-)Antwort (Fig. 2d) verwendet, um die nächste Antwort, hier Σ'' , zu validieren. Denn in dem dargestellten Beispiel entsprechend Fig. 2d können zwar die zeitlichen Lagen der Rahmenpulse $F1''$ und $F2''$ der zweiten Antwort Σ'' detektiert werden, mittels der eingangs erwähnten Rahmendecoder, aber die zu den beiden Rahmenpulsen $F1''$ und $F2''$ gehörenden Monopulswerte sind nicht ermittelbar, da diese Rahmenpulse $F1''$, $F2''$ als gestörte Pulse F_x , F_y (Fig. 2d) auftreten. Mit derart gestörten (Rahmen-)Pulsen F_x , F_y ist an sich keine Validierung, die auf ungestörten Rahmenpulsen $F1''$ und $F2''$ basiert, der innerhalb von diesen liegenden Informationspulsen, die zu der zweiten Antwort Σ'' gehören, möglich.

Bei dem Verfahren wird nun für jeden Puls P_n , wobei n eine ganze Zahl ist, mit $1 \leq n \leq m$ und m die Anzahl aller Pulse des Antworttelegramms bedeutet, welcher zeitlich nach der ersten Antwort Σ' auftritt, das heißt nach dem (End-)Rahmenpuls $F1'$ ($= F_x$), ein Korrelationskriterium K_n ermittelt entsprechend der Formel

$$K_n = \left| \bar{\Sigma}_n - k'_x \bar{\Delta}_n \right| \quad (3)$$

$$\text{mit } k'_x = \pm \frac{\Sigma_x}{\Delta_x}, \quad (1')$$

wobei Formel (1') der Formel (1) entspricht und wobei

$\bar{\Sigma}_n$ einen zu dem Puls (P_n) gehörender (Summen-)Vektor des Summensignals,
 $\bar{\Delta}_n$ ein zu dem Puls (P_n) gehörender (Differenz-)Vektor des Differenzsignals,
 $\|$ eine Betragsbildung des zwischen den senkrechten Strichen ($\|$) dargestellten Vektors
bedeuten.

Entsprechend den Formeln (3), (1') wird nun für die (ungestörten) Informationspulse, die zwischen $F1'$, $F2'$ (erste Antwort Σ') liegen, ein erstes Korrelationskriterium K_1 ermittelt gemäß der Formel

$$K_1 = \left| \bar{\Sigma}_1 - k'_x \bar{\Delta}_1 \right| \quad (4)$$

und speichert als (Referenz-)Korrelationskriterium K . Die Formel (4) entspricht der Formel (3) für den Wert (Index) $n = 1$.

Für jeden der ersten Antwort Σ' nachfolgenden Puls P_n des Antworttelegramms (Fig. 2d) wird nun das derart (Formel (3)) ermittelte Korrelationskriterium K_n verglichen mit dem gespeicherten (Referenz-)Korrelationskriterium K_1 . Ein solcher Vergleich ist beispielsweise mittels einer Differenzbildung möglich. Dabei wird zweckmäßigerweise für das Vergleichsergebnis ein vorgegebbarer Toleranzbereich festgelegt. Liegt nun das Vergleichsergebnis für einen bestimmten vorgebbaren Puls P_n innerhalb des Toleranzbereiches, so wird festgelegt, daß dieser Puls P_n zu dem durch den Rahmenpuls, hier $F1''$, gekennzeichneten Antworttelegramm, hier Σ'' (Fig. 2b) gehört. Alle zu diesem Rahmenpuls $F1''$ gehörenden (Antwort-)Pulse P_n werden nun gespeichert, so daß ein vollständiges Antworttelegramm, hier entsprechend Σ'' , entsteht. Dieses ist durch Anfangs- und Endpulse, beispielsweise $F1'$, $F2'$ -Pulse, begrenzt. Aus einem solchen Antworttelegramm wird dann mit einem an sich bekannten Verfahren (Decoder) zumindest die Kennung, und damit der zugehörige Verkehrsteilnehmer, ermittelt. Dieser kann dann in an sich bekannter Weise auf einem (Daten)Sichtschirm (Monitor) dargestellt werden, so daß beispielsweise ein Flugweg dargestellt wird.

Die in den Formeln (3), (4) erwähnten Vektoren, die, auch im folgenden, durch einen Überstrich ($\bar{}$) gekennzeichnet sind, und Konstanten (Skalare) sind aus Signalen, welche der Anordnung entsprechend Fig. 1 entnehmbar sind, ermittelbar, vorzugsweise mittels einer vektoriell arbeitenden Datenverarbeitungsanlage (Vektorprozessor). Dafür werden zumindest die in Fig. 1 erwähnten Ausgangssignale Σ (Ausgang des log. Videoverstärkers LV) sowie die Phasensignale γ_1 , γ_2 (Ausgänge der Phasendetektoren PHD1, PHD2) mittels Analog/Digital-Wandlern in digitale Signale gewandelt. Weiterhin ist es möglich, der Anordnung bedarfsweise die zwischen den Funktionsblöcken in mathematischer Form dargestellten Signale zu entnehmen und diese in eine digitale Form zu wandeln.

Formel (3) ist in skalarer Schreibweise darstellbar entsprechend der Formel

$$K_n = \sqrt{\Sigma_n^2 + k_n^2 \Delta_n^2 - 2 \cdot \Sigma_n \cdot k_n \cdot \Delta_n \cdot \sin\beta_n}, \quad (5)$$

wobei Σ_n und Δ_n die Beträge der Vektoren $\vec{\Sigma}_n$ und $\vec{\Delta}_n$ bedeuten und β_n den Winkel zwischen den Vektoren $\vec{\Sigma}_n$ und $j\vec{\Delta}_n$ bezeichnet.

Die Größen Δ_n und $\sin\beta_n$ sind bestimmbar gemäß den Formeln

$$\cot\beta_n = \frac{\sin(\gamma_1 - \gamma_2)}{2 \cdot \sin\gamma_1 \cdot \sin\gamma_2} \quad \text{und} \quad (6)$$

$$\Delta_n = \frac{\Sigma_n \cdot \sin\gamma_2}{\sin(\beta_n + \gamma_2)} \quad (7)$$

wobei γ_1, γ_2 den Ausgangssignalen (Phasenwinkeln) der Phasendetektoren PHD1, PHD2 entsprechen.

Alternativ zu der Ermittlung gemäß Formel (6), (7) ist es möglich, alle vorkommenden Größen $\beta_n, \Delta_n, \gamma_1, \gamma_2$ in tabellarischer Form als sogenannte "Look-up-Tabelle" zusammenzufassen und zu speichern. Die Größen β_n sowie Δ_n sind dann in Abhängigkeit von den gemessenen Phasenwinkeln γ_1, γ_2 ermittelbar.

Werden nun wie in diesem Beispiel entsprechend Fig. 2d die Pulse der zweiten Antwort Σ'' durch Pulse einer dritten Antwort Σ''' gestört, wobei angenommen ist, daß die dritte Antwort Σ''' zumindest teilweise (beispielsweise in ihren zeitlich letzten Ende) nicht gestört ist, so wird für vorzugsweise für den (End-)Rahmenpuls $F2'''$ der dritten Antwort Σ''' eine Korrelationskonstante k_y''' ermittelt gemäß der Formel $k_y''' = \pm \Sigma_y/\Delta_y$, welche der Formel (1) entspricht und wobei Σ_y, Δ_y die zu dem (End-)Rahmenpuls $F2'''$ gehörenden Summen- beziehungsweise Differenzwerte bedeuten.

Mit dieser Korrelationskonstante k_y''' , die von dem zugehörigen Cotangens ableitbar ist, wird nun für alle (gestörte sowie ungestörte) Pulse der zweiten Antwort Σ'' entsprechend Fig. 2d ein Korrelationskriterium K_n gebildet gemäß den Formeln

$$K_n = |\vec{\Sigma}_n - k_y''' \vec{\Delta}_n| \quad (8)$$

$$\text{mit } k_y''' = \pm \frac{\Sigma_y}{\Delta_y} \quad (9)$$

Man kann nun, wie anhand der Auswertung der ersten Antwort Σ' beschrieben, für den (End-)Rahmenpuls $F2'''$ dessen Monopulswert ermitteln. Damit ergibt sich (End-)Rahmenpuls $F2'''$, der beispielsweise an der (Telegramm-)Stelle $n = 15$ der dritten Antwort Σ''' steht, für das Korrelationskriterium K_n mit $n = 15$, ein Wert K_{15} gemäß der Formel

$$K_{15} = |\Sigma_{15} - k_y''' \Delta_{15}| \quad (10)$$

Dieser Wert K_{15} wird gespeichert.

Für alle Pulse der zweiten Antwort Σ'' werden nun entsprechend Formel (8), mit $1 \leq n \leq 14$, die Korrelationskriterien K_n mit $1 \leq n \leq 14$, ermittelt und mit dem gespeicherten Wert K_{15} verglichen, beispielsweise durch die erwähnte Differenzbildung. Dabei wird der zu der zweiten Antwort Σ'' gehörende Monopulswert von einem ungestörten Puls der zweiten Antwort Σ'' , beispielsweise $C2''$ abgeleitet.

In entsprechender Weise erfolgt für die dritte Antwort Σ''' (Fig. 2d) eine Validierung mit dem Korrelationskriterium K_n mit $1 \leq n \leq 14$, entsprechend der Formel

$$K_n = |\vec{\Sigma}_n - k_z''' \vec{\Delta}_n| \quad (11)$$

mit

$k_z''' =$ die zu der zweiten Antwort Σ'' gehörende Korrelationskonstante. Aus dieser ist, wie beschrieben, ein zugehöriger Monopulswert ableitbar.

Mit dem beschriebenen Verfahren können in vorteilhafter Weise mehrere Antworttelegramme, die zu verschiedenen Verkehrsteilnehmern gehören, getrennt und anschließend einzeln ausgewertet werden, den jedes Antworttelegramm ist durch eine zugehörige (Referenz-)Korrelationskonstante gekennzeichnet. So ist es beispielsweise möglich, alle zu einem ersten Referenzpuls gehörenden ersten Pulse als erstes Antworttelegramm zu ermitteln und bedarfsweise zu speichern und dieses erste Antworttelegramm dann mittels einer Differenzbildung aus dem vorzugsweise ebenfalls gespeicherten (Gesamt-)Antworttelegramm zu entfernen. In dem verbleibenden (Rest-)Antworttelegramm kann dann nach dem beschriebenen Verfahren ein zweites Antworttelegramm ermittelt werden und so weiter.

Durch eine Erweiterung von MSSR mit dem sogenannten Mode-S-Verfahren (Codierung nach der standardi-

sierten Mode-S Codierung) ist das beschriebene Verfahren in vorteilhafter Weise anwendbar auf zur Entstörung ("Degarbling") von einem SSR-Signal, das durch ein Mode-S-Signal gestört ist oder umgekehrt. Weiterhin sind in vorteilhafter Weise auch mehrere sich überlappende Mode-S-Antworten nach dem beschriebenen Verfahren auswertbar.

Das Verfahren ist vorteilhafterweise anwendbar auf gestörte (Gesamt-)Antworten (Fig. 2d), wobei eine zufällige Störung, beispielsweise durch Interferenz (Mehrwegsausbreitung), oder eine beabsichtigte Störung, beispielsweise durch ein Störsignal in dem sogenannten Mainbeam, vorliegen kann.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar, beispielsweise auf alle Verkehrsteilnehmer, beispielsweise auch Personen, die durch einen Transponder mit individueller Kennung gekennzeichnet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers mittels eines Sekundär-Radars, wobei

- von einer Sende/Empfangsstation ein (Radar-)Abfrageimpuls ausgesandt wird,
- der Verkehrsteilnehmer einen (Radar-)Transponder besitzt zum Empfang des Abfrageimpulses sowie zur Aussendung eines (Radar-)Antworttelegrammes, welches zumindest eine dem Verkehrsteilnehmer zugeordnete Kennung enthält,
- das Antworttelegramm in der Sende/Empfangsstation mittels eines (Radar-)Monopulsempfängers ausgewertet wird, so daß zumindest ein Summen- sowie ein Differenzsignal entstehen und
- aus dem Summen- sowie dem Differenzsignal das Antworttelegramm und daraus zumindest die Kennung ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet,
- daß zu einem vorgebbaren ungestörten Referenzpuls (P_x) des Antworttelegramms eine Korrelationskonstante k_x gebildet wird gemäß der Formel

$$k_x = \pm \frac{\Sigma_x}{\Delta_x} \quad , \quad \text{so daß gilt } |\bar{\Sigma}_x - k_x \bar{\Delta}_x| = 0$$

wobei

$\bar{\Sigma}_x$ ein zu dem Referenzpuls (P_x) gehörender (Summen-)Vektor des Summensignals,
 $\bar{\Delta}_x$ ein zu dem Referenzpuls (P_x) gehörender (Differenz-)Vektor des Differenzsignals und
 $||$ eine Betragsbildung des zwischen den senkrechten Strichen ($||$) dargestellten Vektors

bedeuten,
 — daß zu allen weiteren Pulsen (P_n) des Antworttelegramms, wobei n die Nummer des Pulses (P_n) innerhalb des Antworttelegramms bedeutet, mit $1 \leq n \leq m$ und m die größte Nummer ist, jeweils ein Korrelationskriterium K_n gebildet wird gemäß der Formel

$$K_n = |\bar{\Sigma}_n - k_x \bar{\Delta}_n| \quad \text{mit} \quad k_x = \pm \frac{\Sigma_x}{\Delta_x} \quad ,$$

wobei

$\bar{\Delta}_n$ einen zu dem Puls (P_n) gehörender (Summen-)Vektor des Summensignals,
 $\bar{\Delta}_n$ ein zu dem Puls (P_n) gehörender (Differenz-)Vektor des Differenzsignals,
 $||$ eine Betragsbildung des zwischen den senkrechten Strichen ($||$) dargestellten Vektors

bedeuten,
 — daß bei jedem Korrelationskriterium K_n geprüft wird, ob die Bedingung $K_n = 0$ vorliegt,
 — daß bei Vorliegen der Bedingung K_n gleich Null ($K_n = 0$) entschieden wird, daß der weitere Puls (P_n) zu einem durch den (Referenz-)Puls (P_x) gekennzeichneten Antworttelegramm gehört und
 — daß bei Vorliegen der Bedingung K_n ungleich Null ($K_n \neq 0$) entschieden wird, daß der weitere Puls (P_n) zu einem nicht durch den (Referenz-)Puls (P_x) gekennzeichneten anderen Antworttelegramm gehört.

2. Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

— daß bei einer Gesamtantwort, die aus mehreren ineinandergeschachtelten ("garbeld") Antworttelegrammen (Σ' bis Σ''') besteht, für jedes Antworttelegramm eine Korrelationskonstante k_y gebildet wird gemäß der Formel

$$k_y = \pm \frac{\Sigma_y}{\Delta_y} \quad ,$$

wobei

Σ_y den zu einem ungestörten (Referenz-)Puls (P_y) eines vorgebbaren Antworttelegramms gehörenden Wert des Summensignals und

Δ_y den zu dem ungestörten (Referenz-)Puls (P_y) eines vorgegebenen Antworttelegramms gehörenden Wert des Differenzsignals

bedeuten,

— daß für jeden Puls der Gesamtantwort ein Korrelationskriterium K_n gebildet wird gemäß der Formel

$$K_n = \left| \bar{\Sigma}_n - k_y \bar{\Delta}_n \right|$$

und

— daß bei einem Vorliegen unterschiedlicher Korrelationskriterien entschieden wird, daß die zugehörigen Pulse zu unterschiedlichen Antworttelegrammen gehören.

3. Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

— daß das Korrelationskriterium K_n gebildet wird gemäß der Formel

$$K_n = \sqrt{\Sigma_n^2 + k_x \cdot \Delta_n^2 - 2 \cdot \Sigma_n \cdot k_n \cdot \Delta_n \cdot \sin \beta_n},$$

wobei

der Winkel β_n ermittelt wird aus der Formel

$$\cot \beta_n = \frac{\sin(\gamma_{1n} - \gamma_{2n})}{2 \cdot \sin \gamma_{1n} \cdot \sin \gamma_{2n}}$$

— der Differenzwert Δ_n ermittelt wird aus der Formel

$$\Delta_n = \frac{\Sigma_n \cdot \sin \gamma_{2n}}{\sin(\beta_n + \gamma_{2n})},$$

— γ_{1n}, γ_{2n} die zu dem Pulsen gehörenden Phasenwinkel sind.

4. Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet daß die Werte Δ_n sowie β_n in Abhängigkeit von den gemessenen Werten $\gamma_{1n}, \gamma_{2n}, \gamma_{1n}$ sowie γ_{2n} in tabellarischer Form in einer Tabelle gespeichert und bedarfsweise ausgelesen werden.

5. Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Referenzpuls (P_x) ein in dem Antworttelegramm enthaltener Rahmenpuls (F1) gewählt wird.

6. Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rahmenpulse (F1, F2) paarweise mittels eines Rahmendecoders ermittelt werden.

7. Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem (Gesamt-)Antworttelegramm, das aus mehreren Antworttelegrammen zusammengesetzt ist, zunächst die zu vorgebbaren Referenzpulsen (P_x) gehörenden Antworttelegramme ermittelt und gespeichert werden und daß aus jedem Antworttelegramm der zugehörige Verkehrsteilnehmer mittels einer Decodierung des Antworttelegramms ermittelt wird.

8. Anordnung zur Durchführung des Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

— daß eine Empfangsanordnung zum Empfang von Monopuls-Radarsignalen vorhanden ist,

— daß in der Empfangsanordnung aus den empfangenen Monopuls-Radarsignalen zumindest ein Summensignal (Σ) entsteht und

— daß in der Empfangsanordnung mindestens zwei Phasendetektoren (PHD1, PHD2) vorhanden sind zur Ermittlung der Phasenlage zwischen den empfangenen Summen- und Differenzsignalen.

9. Anordnung zur Durchführung des Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Empfangsanordnung mindestens ein Analog/Digitalwandler vorhanden ist zur Analog/Digitalwandlung des Summensignals (Σ) und/oder der von den Phasendetektoren (PHD1, PHD2) erzeugten Phasensignale (γ_1, γ_2).

10. Anordnung zur Durchführung des Verfahren zur Identifizierung eines Verkehrsteilnehmers nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vektorprozessor vorhanden ist zumindest zur Ermittlung eines Antworttelegramms durch eine vektorielle Signalverarbeitung.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

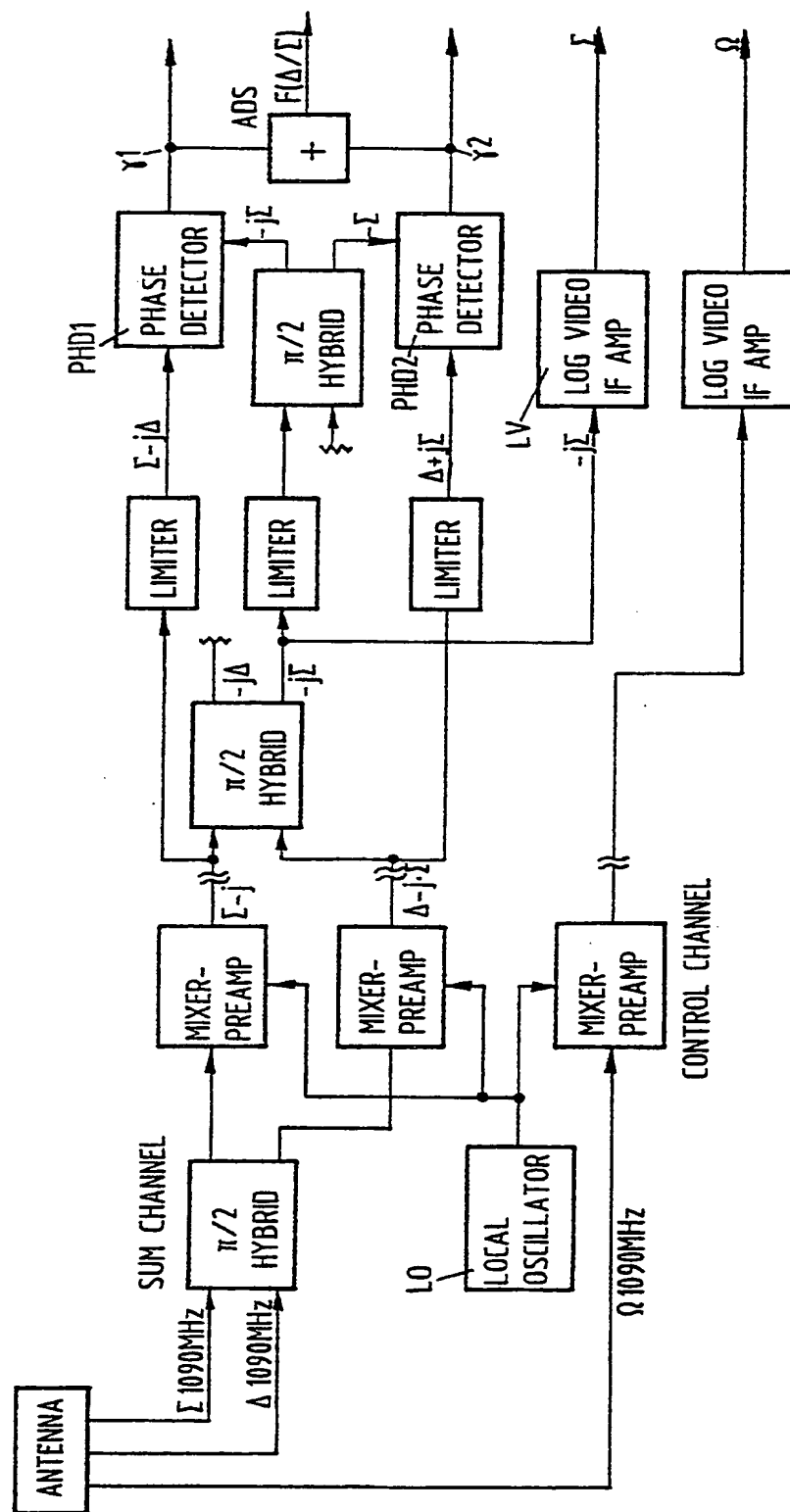


Fig. 1

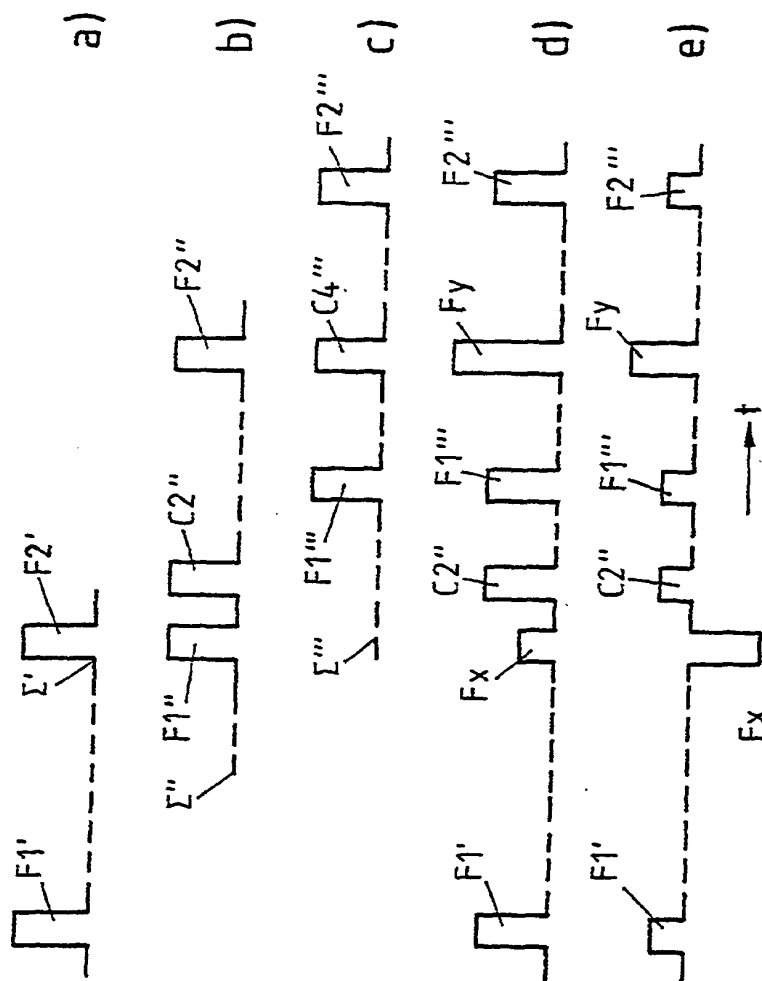


FIG. 2